



POLITÉCNICA



Cálculo de la respuesta del detector de neutrones $^{10}\text{B}+\text{ZnS}(\text{Ag})$ con el código MCNPX

Karen A. Guzmán-García¹, Héctor René Vega-Carrillo³, Eduardo Gallego-Díaz¹, Alfredo Lorente-Fillol¹, Juan Antonio González², Sviatoslav Ibáñez-Fernández¹

¹ Departamento de Ingeniería Energética, ETS Ing. Industriales, Universidad Politécnica de Madrid
C. José Gutiérrez Abascal, 2, 28006, Madrid, España.

² Laboratorio de Ingeniería Nuclear, E.T.S. Ing. Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Madrid,
Campus Ciudad Universitaria, C. Profesor Aranguren 3, 28040, Madrid, España.

³ Unidad Académica de Estudios Nucleares, Universidad Autónoma de Zacatecas
C. Ciprés 10, Fracc. La Peñuela, 98068 Zacatecas, Zacatecas, México.

E – mail: ingkarenguzman@gmail.com



INTRODUCCIÓN

Los sistemas de detección, llamados “Radiation Portal Monitors” RPM o Monitores de Radiación tipo Pórtico [1], incluyen conjuntos de detectores gamma y de neutrones para la detección de Materiales Nucleares Especiales (SNM) [2]. Habitualmente, los detectores de neutrones empleados en los pórticos son contadores proporcionales de ^3He , pero debido a la escasez de ^3He , se han hecho investigaciones para encontrar alternativas de detección con características similares a las de los sistemas con ^3He [3].

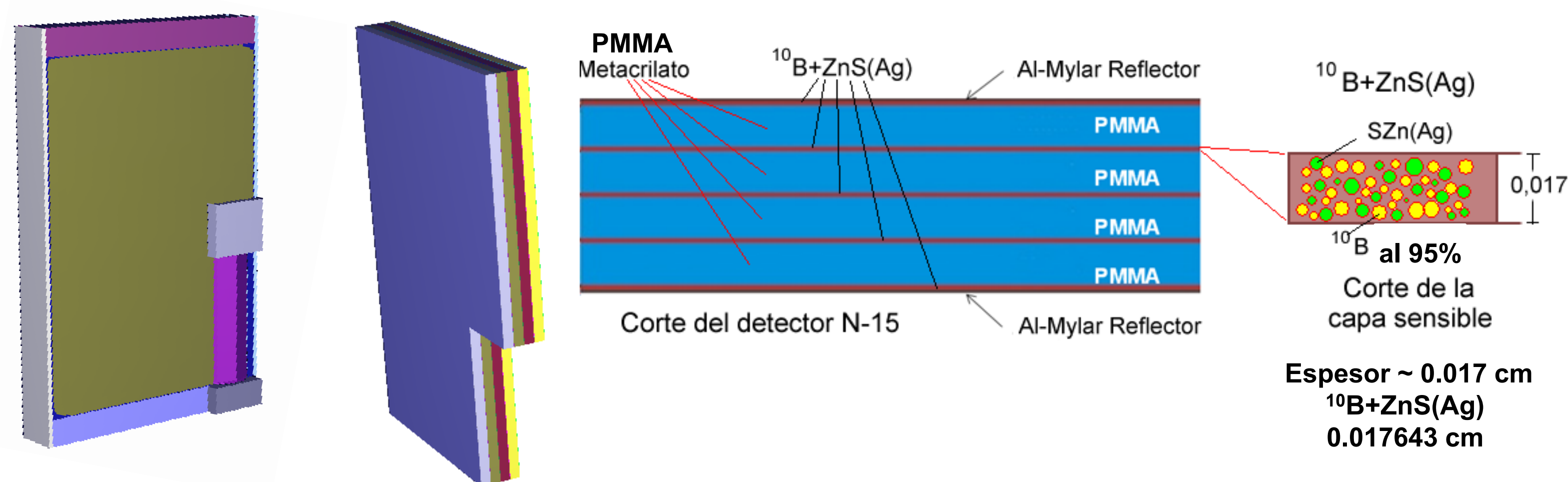
Objetivo

Calcular la respuesta de un novedoso detector de $^{10}\text{B}+\text{ZnS}(\text{Ag})$ con distintas condiciones de moderación. El detector se fabricó por la empresa BridgePort y sus moderadores diseñados por el Laboratorio de Ingeniería Nuclear (UPM). En forma comercial se conoce como nDet-Brick, N-15. La respuesta se calculó mediante métodos Monte Carlo con el código MCNPX [4].

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del detector N-15 y Modelo para MCNPX

El detector N-15 es un detector de neutrones de centelleo de geometría rectangular (23x33x4 cm). La zona sensible del detector está formada por 5 laminas transparentes de aproximadamente 0.017 cm de espesor de una mezcla de ^{10}B enriquecido al 95% y de un centellador de $\text{ZnS}(\text{Ag})$. Las láminas están depositadas entre 4 placas de PMMA de 8 mm de espesor, que actúan como guía de luz y moderador respectivamente, rodeado de un reflector de aluminio Mylar de 8 μm .

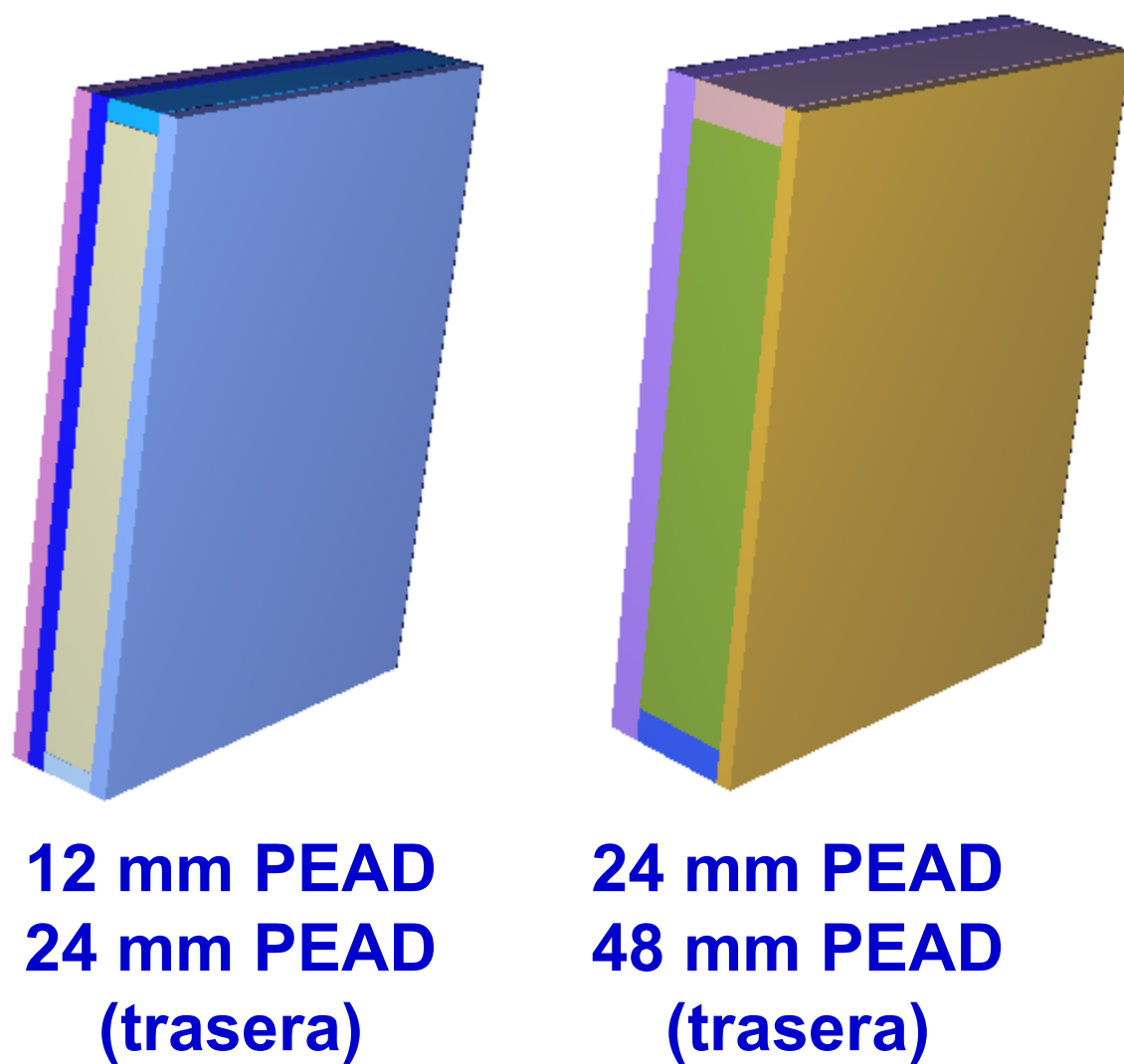


Detector N-15 Desnudo
Modelo MCNPX

Corte interior del detector 5 capas sensibles $^{10}\text{B}+\text{ZnS}(\text{Ag})$ en 4 placas de PMMA

Se estimó la respuesta del detector en reacciones (n, α), para el detector desnudo y moderado con Polietileno de Alta densidad.

Modelo MCNPX:



12 mm PEAD
24 mm PEAD
(trasera)

24 mm PEAD
48 mm PEAD
(trasera)

Casos

- 29 fuentes monoenergéticas de 10^{-9} a 20 MeV
- Detector desnudo, moderado (12+24) y (24+48) mm de PEAD
- Fuente de $^{241}\text{AmBe}$
- Detector desnudo, moderado (12+24) y (24+48) mm de PEAD
- Fuente de ^{252}Cf
- Detector desnudo, moderado (12+24) y (24+48) mm de PEAD
- 93 casos MCNPX

*Los resultados se presentan NORMALIZADOS a la unidad en los gráficos

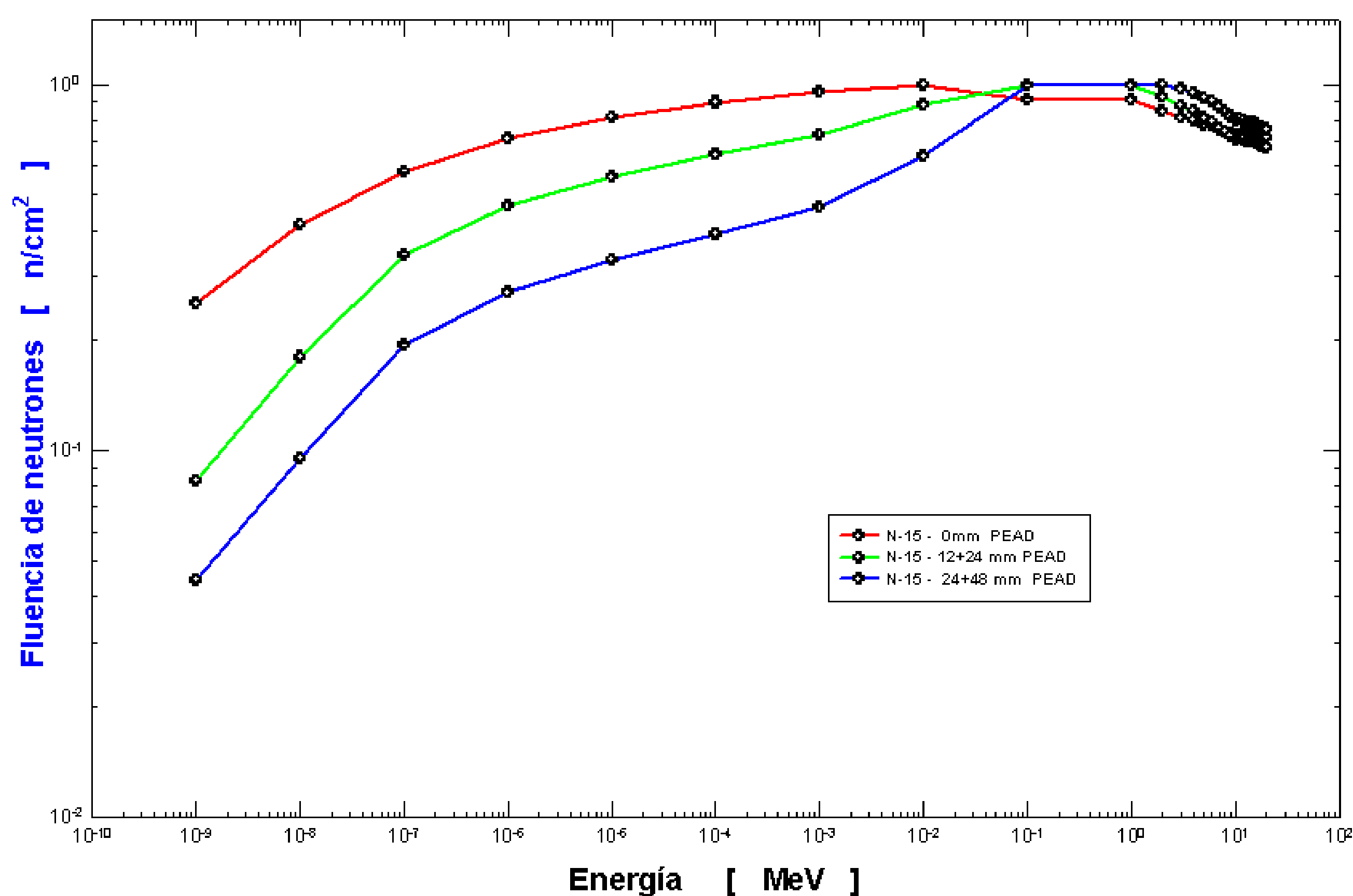
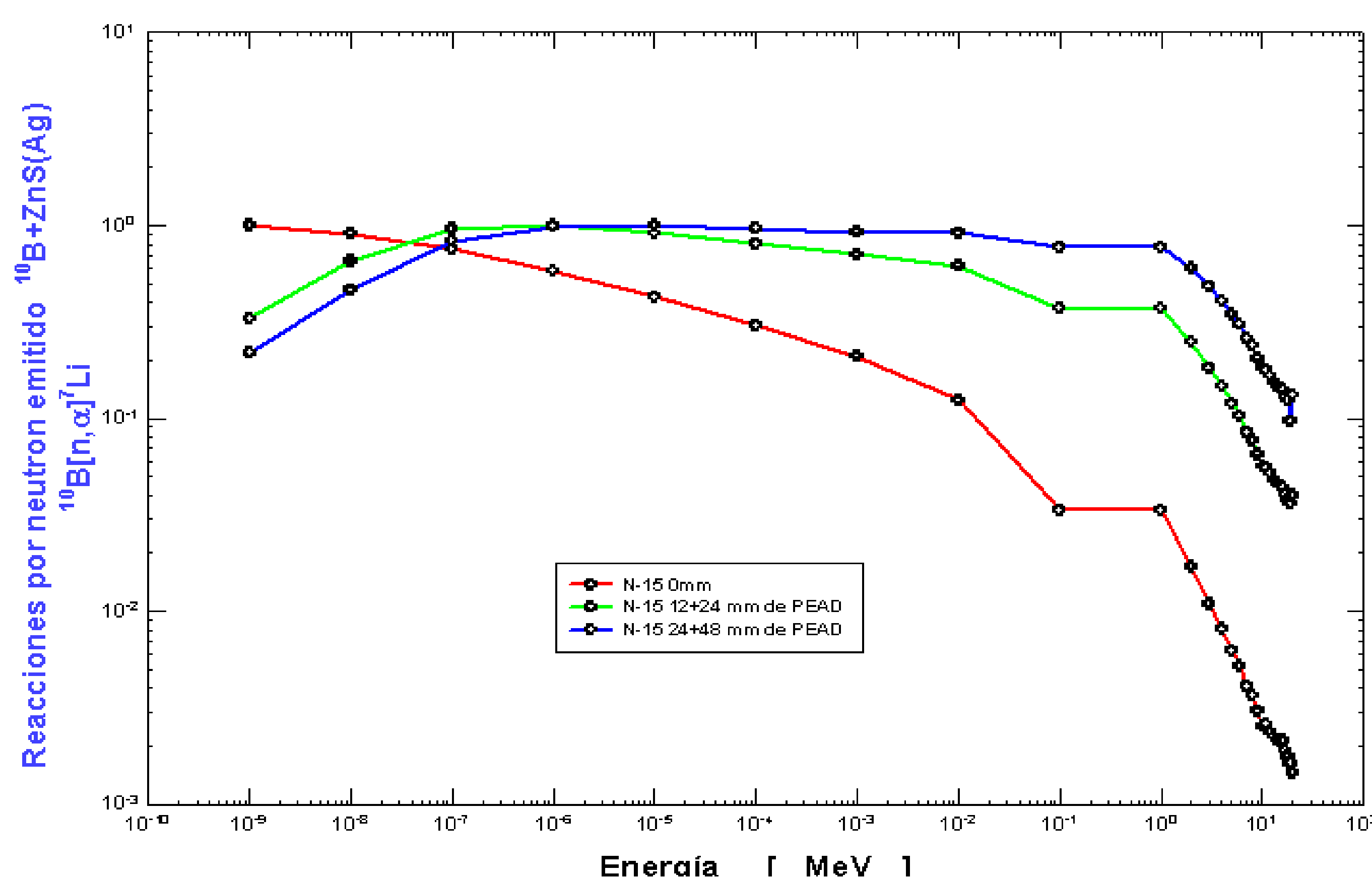
RESULTADOS

Tabla I.- Respuesta del detector N-15 desnudo, y con 12+24 y 24+48 mm de PEAD ante una fuente de ^{252}Cf y $^{241}\text{AmBe}$

^{252}Cf	(n, α) ($\cdot 10^{-4}$)	n/cm ² ($\cdot 10^{-4}$)	$^{241}\text{AmBe}$	(n, α) ($\cdot 10^{-4}$)	n/cm ² ($\cdot 10^{-4}$)
PEAD [cm]	R_T	Φ_T	PEAD [cm]	R_T	Φ_T
0	21.2	174.2	0	16.7	158.8
12	123.5	232.2	12	82.8	201.4
24	218.8	264.1	24	156.1	231.9

Tabla II.- Eficiencia de Detección para las fuentes de $^{241}\text{AmBe}$ y ^{252}Cf

Fuente	0 mm PEAD	12+24 mm PEAD	24+48 mm PEAD
$^{241}\text{AmBe}$	10.52%	41.12%	67.57%
^{252}Cf	12.16%	53.18%	82.84%



Para todos los detectores la mayor eficiencia ocurre para el ^{252}Cf debido a que su energía media es menor a la de los neutrones del $^{241}\text{AmBe}$, con lo que el balance de neutrones que llegan a térmicos por cada neutrón emitido es más favorable. Se ha estimado la repuesta del detector a 29 energías y en distintas condiciones.

CONCLUSIONES

Se calculó la respuesta del detector desnudo y diferentes espesores de polietileno de alta densidad para fuentes monoenergéticas de neutrones y para fuentes de $^{241}\text{AmBe}$ y ^{252}Cf . La mejor respuesta se obtiene cuando el espesor del moderador es de 24 mm.

REFERENCIAS

- [1].- COOER, R. et al “The ^3He supply crisis and alternative techniques to ^3He based neutron detectors for neutron scattering applications” (2009)
- [2].- KOUZES, R.T. et al, “Passive neutron detection for interdiction of nuclear material al borders” (2010).
- [3].- SHEA, D.A. et al “The Helium-3 Shortage: Supply, Demand and Options for Congress” (2010)
- [4].- PELOWITZ, D.B. et al, “MCNPX user’s manual” (2001)
- [5].- VEGA-CARRILLO, H.R. et al “Passive neutron area monitor with CR39”. Int. J. Rad. Res. 11: 149-153 (2013)